

EVALUASI PENGARUH POLA ALIR UDARA TERHADAP TINGKAT RADIOAKTIVITAS DI DAERAH KERJA IRM

Endang Sukesi I dan Sulyanto

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir -BATAN

ABSTRAK

EVALUASI PENGARUH POLA ALIR UDARA TERHADAP TINGKAT RADIOAKTIVITAS DI DAERAH KERJA IRM. Evaluasi pengaruh pola alir udara terhadap tingkat radioaktivitas di daerah kerja Instalasi Radiometalurgi (IRM) telah dilakukan. Tujuan dari evaluasi ini untuk mengetahui pola alir udara selama 5 tahun terakhir berdasarkan data tingkat radioaktivitas udara di daerah kerja IRM. Metoda yang digunakan adalah mengumpulkan data pantau radioaktivitas α dan β rata-rata tahun 2008 sampai 2012, kemudian mengevaluasi kecenderungan tingkat radioaktivitas udara di ruang-ruang yang dipantau tersebut. Radioaktivitas di ruang-ruang dengan kecenderungan rata-rata tinggi, selanjutnya dicuplik udaranya dan dicacah secara total (*gross counting*) pada umur cuplikan 0 jam; 1 jam; 2 jam 3 jam dan 4 jam. Radioaktivitas α rata-rata tertinggi di udara ruang 143 pada tahun 2012, sebesar $3,18 \text{ Bq/m}^3$ atau 15,90 % dari batas yang diizinkan (20 Bq/m^3). Sedangkan radioaktivitas β rata-rata tertinggi di udara ruang ruang 135 pada tahun 2011, sebesar $7,57 \text{ Bq/m}^3$ atau 3,79 % dari batas yang diizinkan (200 Bq/m^3). Secara keseluruhan radioaktivitas α maupun β selama tahun 2008 – 2012, masih berada di bawah batas yang diijinkan. Tingkat radioaktivitasnya pada tahun 2008 dan 2012, sesuai dengan desain pola alir udara IRM yaitu udara mengalir dari zona II ke zona III. Sedangkan pada tahun 2009, 2010 dan 2011 terjadi anomali tingkat radioaktivitas α maupun β , terutama pada ruang 135 dan 140. Dari hasil penundaan pencacahan diketahui bahwa radioaktivitas α di udara ruang 135 dan 140 cenderung turun mendekati cacah latar, demikian halnya terhadap radioaktivitas β di udara ruang 135 dan 140. Radioaktivitas di udara ruang 135 dan ruang 140 tersebut, kemungkinan berasal dari zat radioaktif alamiah berumur pendek. Dapat disimpulkan bahwa selama tahun 2009, 2010 dan 2011, sistem ventilasi (VAC) yang tidak berjalan normal sesuai dengan pola alir udara di daerah kerja IRM.

Kata kunci : evaluasi, radioaktivitas, udara,

PENDAHULUAN

Berdasarkan keputusan kepala BATAN No. 123/KA/VIII/2007 tentang Rincian Tugas Unit Kerja di Lingkungan BATAN, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) diantaranya mempunyai tugas melakukan kegiatan uji pasca iradiasi (UPI) berbagai bahan bakar, bahan struktur serta komponen reaktor ^[1].

Sesuai dengan UU no. 10 tahun 1997 tentang ketenaganukliran pasal 16 berbunyi: Setiap kegiatan yang berkaitan dengan pemanfaatan tenaga nuklir wajib memperhatikan keselamatan, keamanan, dan ketentraman, kesehatan pekerja dan anggota masyarakat serta perlindungan terhadap lingkungan hidup ^[2]. Dengan adanya UU no. 10 tahun 1997 ini, segala ketentuan di atas diatur lebih lanjut dengan peraturan-peraturan Pemerintah dan peraturan Ka. Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), diantaranya tentang ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi.

Pengukuran radioaktivitas α dan β di udara secara rutin dilakukan oleh Bidang keselamatan minimal 1 kali dalam seminggu atau lebih bilamana diperlukan untuk tujuan keselamatan. Pengukuran dilakukan di zona II meliputi ruang R-135, ruang R-136, ruang R-140 (*operating area*) dan zona III di ruang R-143 (*service area*). Daerah pengukuran radioaktivitas di udara ini dipilih berdasarkan pertimbangan keperluan keselamatan pekerja radiasi paling sering bekerja di ruangan tersebut. Tujuan dari evaluasi ini diperlukan untuk mengetahui tingkat radioaktivitas udara laboratorium IRM dan hubungannya dengan desain pola alir udara selama 5 tahun terakhir (tahun 2008 sampai 2012).

TEORI

Pelaksanaan kegiatan UPI di IRM dilengkapi 12 bilik panas yang terdiri dari 3 bilik beton berat dan 9 bilik baja. Bilik beton berat dimulai dari bilik ZG 101 s.d. ZG 103 dan bilik baja dimulai dari bilik ZG 104 s.d. ZG 112. Kegiatan pengujian yang dilakukan dalam bilik panas berupa uji tidak merusak dan uji merusak. Uji tidak merusak bertujuan untuk mengetahui perubahan fisik yang terjadi pada elemen bakar selama irradiasi, kemungkinan terjadinya cacat seperti retak, blister, korosi, *swelling* serta distribusi derajat bakar dalam bahan bakar pasca iradiasi. Uji merusak bertujuan untuk mengetahui densifikasi, makro dan mikrostruktur, kekerasan, mulur (*creep*), keuletan dan kelelahan, U/O, dan penyiapan penentuan derajat bakar mutlak. Lokasi laboratorium radiokimia dan fisika berada didekat area bilik panas sehingga masih merupakan daerah terkontrol. Laboratorium keaktifan sedang yaitu ruang 135 melakukan pekerjaan kimia antara lain, pemisahan kimia dan *elektro plating* untuk analisis derajat bakar mutlak, penentuan unsur-unsur kimia dalam bentuk ion dan penentuan perbandingan oksigen dengan metal (O/M). Laboratorium keaktifan rendah yaitu ruang 136 melakukan pekerjaan antara lain, penentuan konduktivitas larutan serta konsentrasi elektrolit cuplikan cair, pengukuran pH larutan, penentuan rapat massa cairan, pemanasan dengan tungku pemanas. Bila terjadi kerusakan di dalam bilik panas dan bila bagian yang rusak dapat dibongkar serta memungkinkan untuk dipasang kembali tetapi sulit dilakukan, maka alat tersebut dikeluarkan dari bilik panas ke tempat lain biasanya ke ruang 143 (*service area*) yang ada dibelakang bilik panas dan memenuhi persyaratan dengan terlebih dahulu dilakukan dekontaminasi. Berkenaan dengan pelaksanaan kegiatan di laboratorium IRM sangat dimungkinkan timbulnya kontaminasi zat radioaktif di udara dan permukaan, paparan radioaktif yang

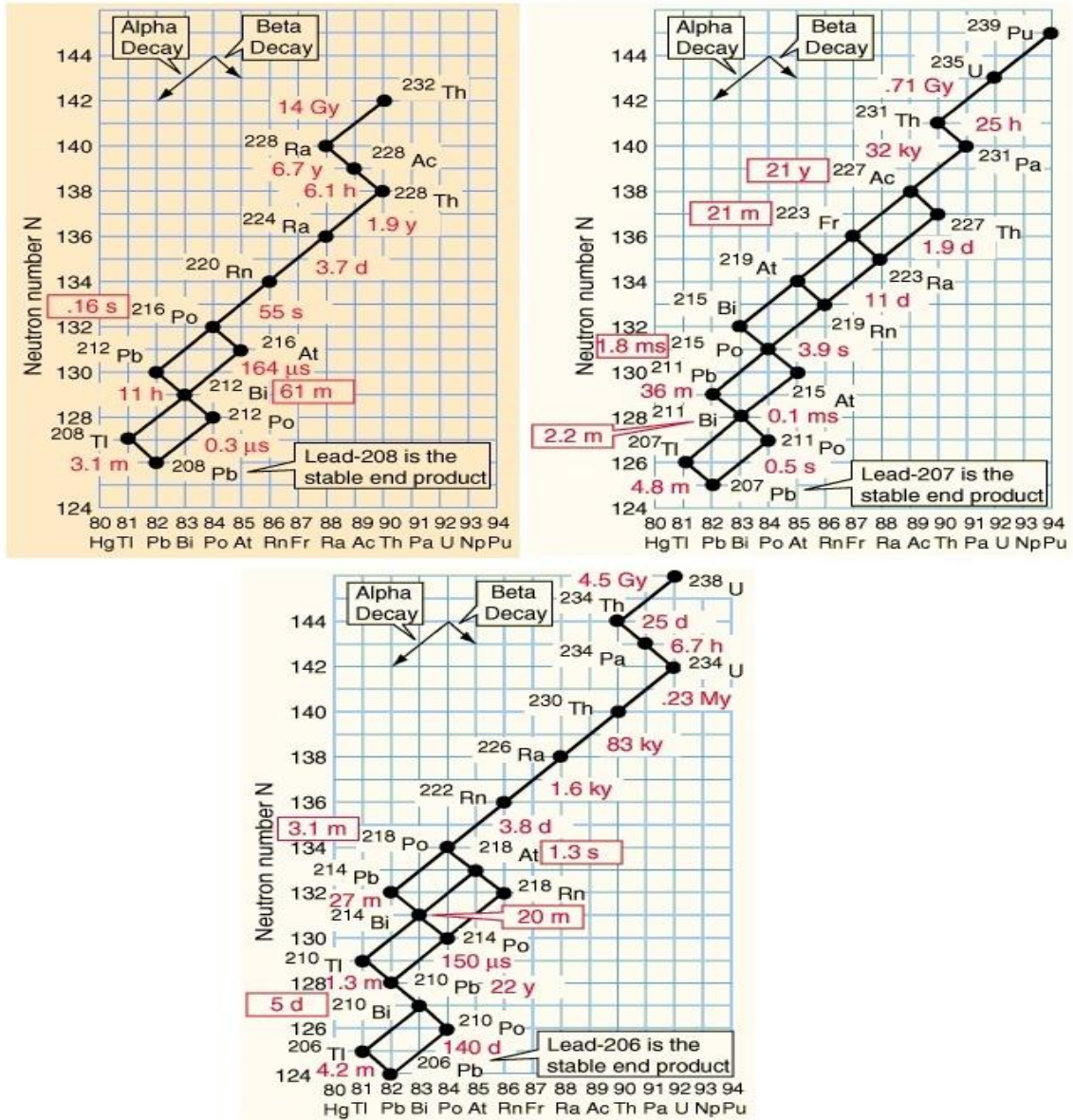
melebihi batasan. Berdasarkan fungsi dan risiko bahaya radiasi berdasarkan desain, IRM dibagi dalam empat daerah kerja atau zona yaitu ^[3]:

1. Zona-I (zona putih) adalah area tanpa (bebas) radiasi dan kontaminasi dari kegiatan di IRM, seperti area perkantoran. Zona ini tidak mendapatkan perlakuan khusus dalam sistem ventilasi nuklir, kecuali untuk kenyamanan kerja saja.
2. Zona-II (zona hijau) adalah zona radiasi rendah dan bebas kontaminasi atau tingkat kontaminasi di bawah nilai batas yang diizinkan. Area pada zona ini mendapatkan catu ventilasi dari zona-I.
3. Zona-III (zona kuning) adalah zona radiasi sedang dan kemungkinan potensi kontaminasi sedang atau melampaui batas yang diizinkan. Area ini mendapatkan catu ventilasi dari zona-zona yang lebih rendah.
4. Zona-IV (zona merah) adalah zona radiasi dan kontaminasi tinggi. Area ini mendapatkan catu ventilasi dari zona-zona yang lebih rendah.

Pengukuran radioaktivitas α dan β di udara secara rutin dilakukan di zona II meliputi ruang R-135, ruang R-136, ruang R-140 (*operating area*) dan zona III di ruang R-143 (*service area*). Daerah pengukuran radioaktivitas di udara ini dipilih berdasarkan pertimbangan keperluan keselamatan pekerja radiasi paling sering bekerja di ruangan tersebut. Tekanan udara di daerah *service area* ini paling negatif negatif (120 – 150 Pa) dari ruangan lainnya, dengan demikian apabila sistem ventilasi berjalan normal dapat dipastikan radioaktivitas udara tertinggi berada di daerah ini. Untuk mempertahankan paparan radiasi interna sesuai aturan yang berlaku agar tidak berbahaya bagi personil, sistem ventilasi menyediakan udara segar dan menghisap udara terkontaminasi dengan laju pergantian udara yang telah ditetapkan. Untuk daerah kerja tempat personil melaksanakan pekerjaan, konsentrasi Radioaktivitas udara dibatasi hanya 20 Bq/m³ untuk radiasi- α dan 200 Bq/m³ untuk radiasi- β ^[3].

Polutan radioaktif di dalam gedung pada umumnya adalah radon dan turunannya (Po-218 dan Po-214) yang ditemukan dapat menimbulkan bahaya kesehatan. Radon, selain dipancarkan oleh bahan bangunan yang berbeda, telah ditemukan memasuki rumah melalui dasar tanah atau batuan dan saluran air. Radon dan anak turunan yang telah ditemukan memberikan kontribusi paling sedikit 60 % dari dosis yang diterima oleh individu dari sumber radiasi alam. Bahaya radon dalam ruangan dan anak turunannya adalah lebih tinggi di bangunan yang memiliki ventilasi kurang baik. Uranium mengalami peluruhan radioaktif, spektrum yang luas menghasilkan produk turunan. Radon mengisi ruang dalam bahan bangunan rumah, kemungkin berhasil melepaskan diri dari bahan bangunan dan bercampur dengan udara dalam ruangan.

Rn-222 adalah turunan dari Radium (Ra-226), diproduksi di deret peluruhan U-238 seperti ditunjukkan pada Gambar 1 [4].



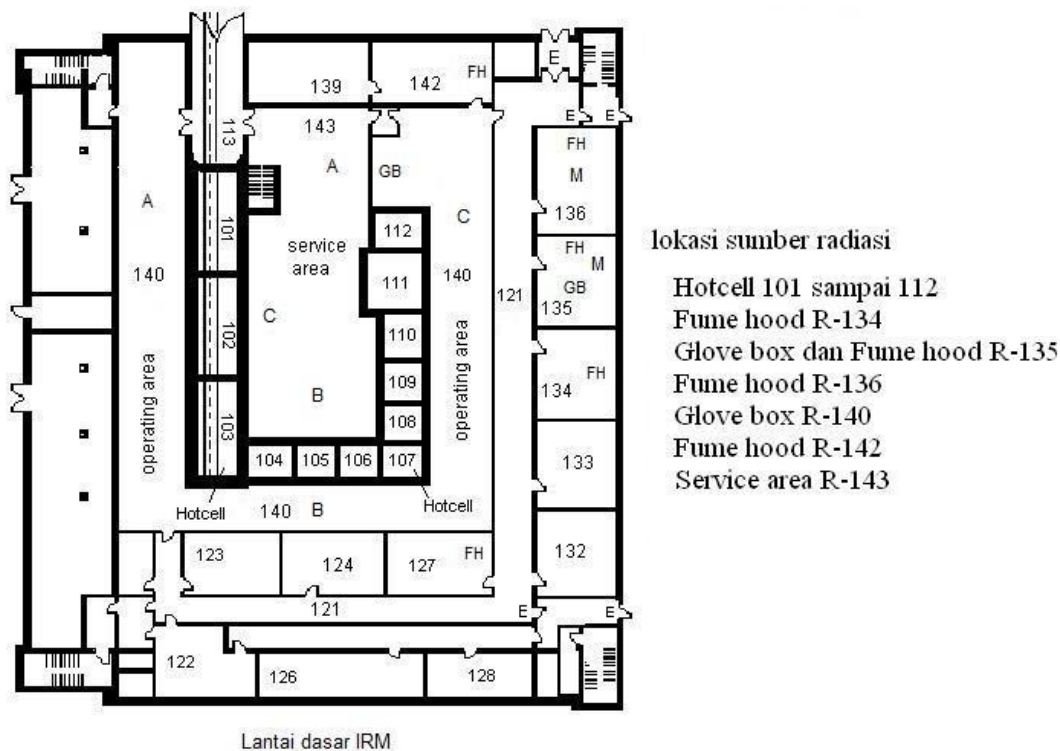
Gambar 1. Rantai peluruhan radioaktivitas alamiah.

Uranium dan Thorium yang sudah ada dalam kerak bumi sejak bumi ini terbentuk meluruh di dalam kerak bumi menjadi anak-anak luruhannya yang radioaktif hingga terbentuk unsur-unsur Radium (Ra-226 dan Ra-224). Ra-226 dan Ra-224 inilah yang terkandung di dalam bahan bangunan atau dinding-dinding ruangan. Di udara Radon dan Thoron meluruh membentuk anak-anak luruhannya yang juga radioaktif dan pada umumnya mempunyai waktu paro (*half-life*) yang relatif pendek, misalnya yang dominan

di udara adalah Pb-214 dan Bi-214 dari turunan radon, serta Pb-212 dan Bi-212 dari turunan Thoron [5].

METODA

Radioaktivitas α dan β di udara dipantau menggunakan *air sampler* pada ruangan kerja yang memungkinkan terjadinya kontaminasi udara, seperti di R-135, R-136, R-140 (operating area) dan R-143 (*service area*) [6]. Denah lokasi pengukuran radioaktivitas udara dilihat pada Gambar 2.

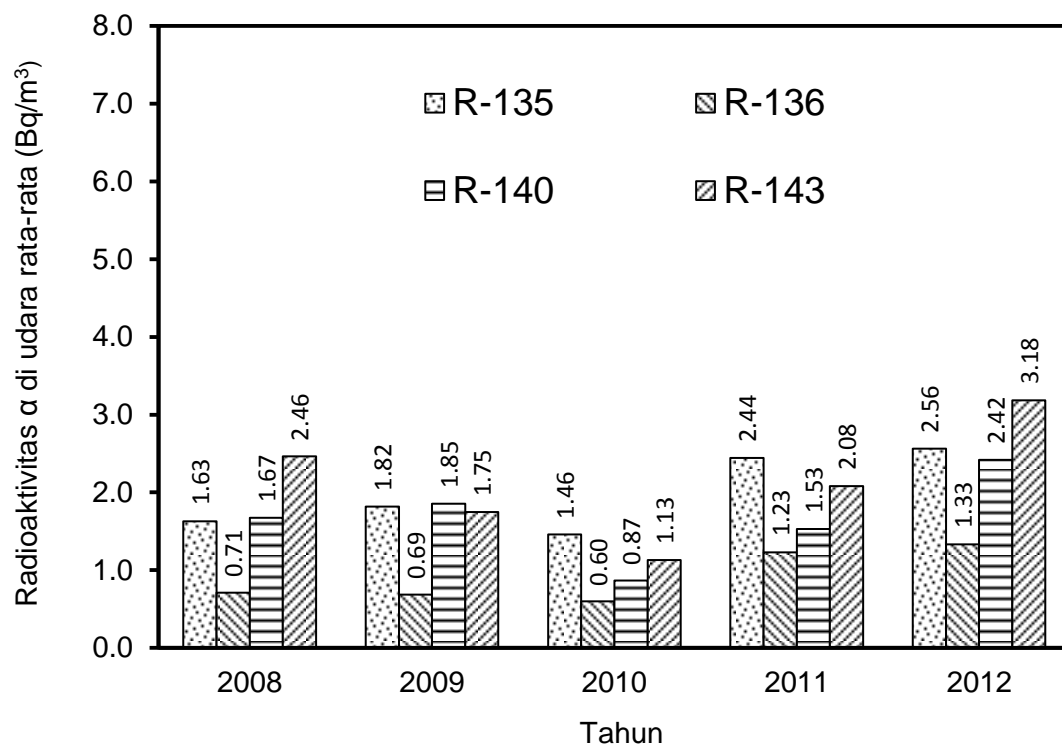


Gambar 2. Denah lokasi pengukuran radioaktivitas udara IRM [6].

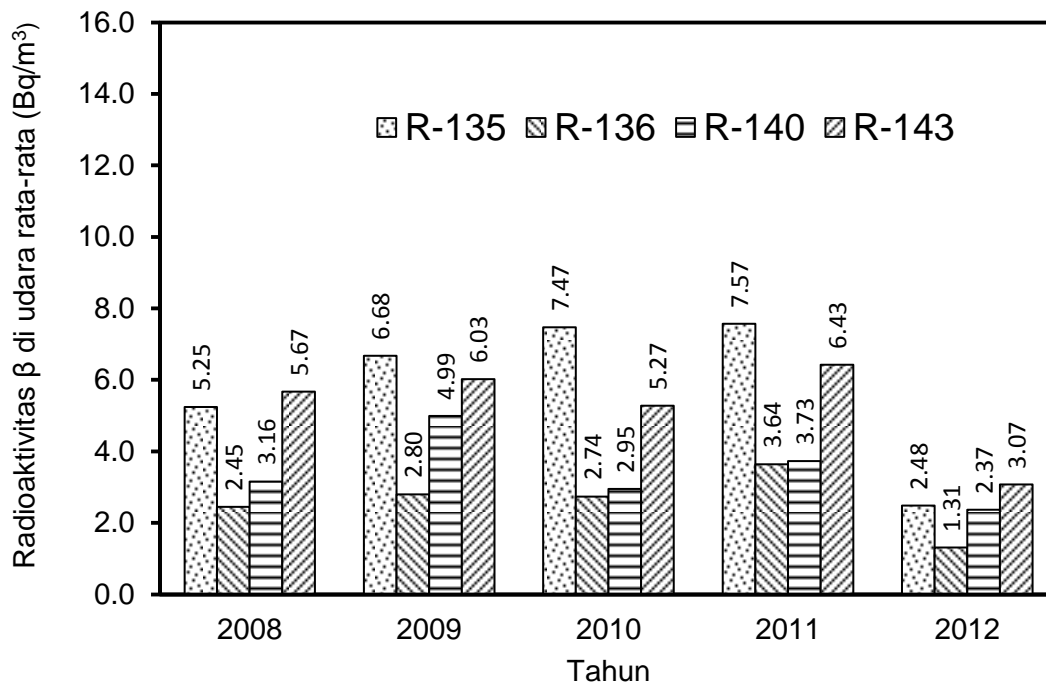
Metoda yang digunakan adalah mengumpulkan data pantau radioaktivitas α dan β rata-rata setiap bulan dari tahun 2008 sampai 2012, kemudian dibuat rata-rata radioaktivitas tahunan. Kecenderungan tingkat radioaktivitas udara ruang-ruang yang dipantau tersebut kemudian dievaluasi berdasarkan desain pola alir udara di IRM. Selanjutnya mencari informasi tentang kegiatan yang dilakukan di Laboratorium IRM untuk dihubungkan dengan peningkatan radioaktivitas. Kemudian untuk mengetahui sumber radiasi, pada ruang-ruang tersebut dicuplik udaranya dan dicacah menggunakan pencacah radiasi α dan β secara total (*gross counting*) pada umur cuplikan 0 jam; 1 jam; 2 jam 3 jam dan 4 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemantauan Radioaktivitas α dan β (*gross*) udara dilakukan seminggu sekali, kemudian diambil rata-rata sebagai data bulanan untuk kemudian dievaluasi hasil pantau tahunan. Dari data tahunan tersebut diambil data tertinggi tahunan untuk masing-masing ruangan yang dipantau, baik radioaktivitas α maupun β . Kemudian dibuatkan grafik Radioaktivitas α dan β tertinggi untuk mengetahui radioaktivitas α maupun β rata-rata selama tahun 2008 sampai 2012 (Gambar 3 dan Gambar 4). Radioaktivitas udara zona II (R-135, R-136, R-140), berada di bawah batas yang diizinkan ($< 20 \text{ Bq/m}^3$ untuk α dan $< 200 \text{ Bq/m}^3$ untuk β). Radioaktivitas di udara zona III (R-143), berada di bawah batas yang diizinkan ($\leq 20 \text{ Bq/m}^3$ untuk α dan $\leq 200 \text{ Bq/m}^3$ untuk β). Radioaktivitas alpha rata-rata tertinggi di udara ruang 143 pada tahun 2012, sebesar $3,18 \text{ Bq/m}^3$ atau $15,90 \%$ dari batasan radioaktivitas α di udara (20 Bq/m^3). Sedangkan radioaktivitas beta rata-rata tertinggi di udara ruang ruang 135 pada tahun 2011, sebesar $7,57 \text{ Bq/m}^3$ atau $3,79 \%$ dari batasan radioaktivitas β di udara (200 Bq/m^3).



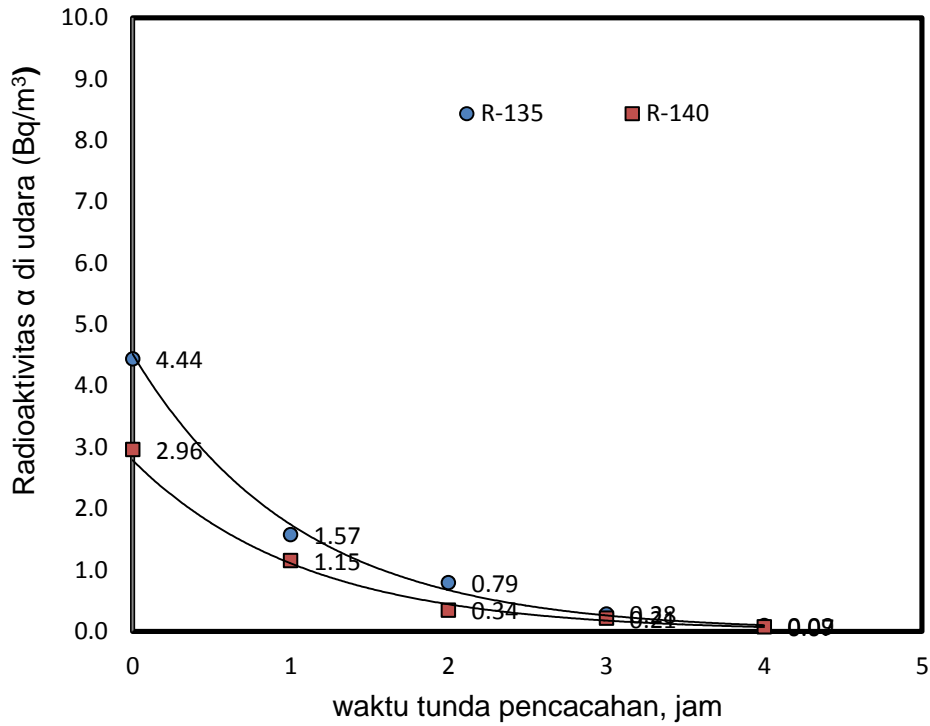
Gambar 3. Radioaktivitas α rata-rata di udara daerah kerja IRM



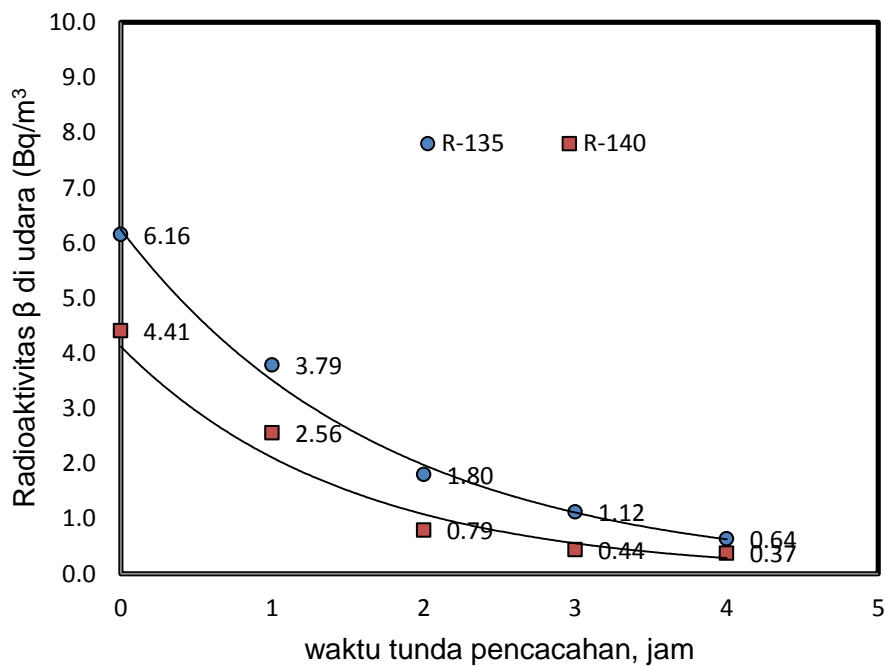
Gambar 4. Radioaktivitas β rata-rata di udara daerah kerja IRM

Secara keseluruhan radioaktivitas α maupun β masih berada di bawah batas yang diijinkan. Selama Tahun 2008 dan 2012, radioaktivitas α dan β rata-rata yang tertinggi terdapat di ruang 143. Sedangkan pada tahun 2009, 2010, dan 2011 terjadi anomali tingkat radioaktivitas α maupun β , terutama pada ruang 135 dan 140. Untuk menjamin agar pekerja radiasi terhindar dari bahaya radiasi interna maka diperlukan pembuktian secara sederhana untuk mengetahui umur paro radioaktivitas di udara pada ruang 135 maupun 140. Untuk mengetahui sumber radiasi, selanjutnya pada ruang 135 maupun 140 tersebut dicuplik udaranya dan dicacah secara total (*gross counting*) pada umur cuplikan 0 jam; 1 jam; 2 jam 3 jam dan 4 jam. Grafik waktu tunda pencacahan radioaktivitas α di udara ruang 135 dan 140 dapat dilihat pada Gambar 5. Sedangkan Grafik waktu tunda pencacahan radioaktivitas β di udara ruang R-135 dan R-140 dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan disain IRM, udara mengalir dari zona II (*operating area/* ruang 140, 135, 136) menuju zona III (*service area/* ruang 143). Tekanan udara ruang 143 paling negative dibandingkan dengan ruangan lainnya, tekanan negatif antara 120–150 Pa. Jadi dapat dipastikan bahwa jika ventilasi udara berjalan normal, maka kemungkinannya ruang 143 radioaktivitasnya lebih tinggi. Dari pemantauan selama 5 tahun terakhir (tahun 2008 – 2012), terlihat bahwa ruang 135 mengalami kenaikan radioaktivitas α maupun β lebih tinggi dibandingkan dengan ruang 143. Hal ini diduga untuk menuju ke *service area* dari ruang 135 dan ruang 136 perlu

melalui beberapa pintu, dengan demikian pola alir dari ruang 135 dan ruang 136 tidak langsung menuju ke daerah *service area*. Disamping itu diduga pada tahun tahun tersebut terjadi peningkatan kegiatan penelitian di ruang 135.



Gambar 5. Peluruhan radioaktivitas α di udara R-135 dan R-140



Gambar 6. Peluruhan radioaktivitas β di udara R-135 dan R-140

Dari garfik pada Gambar 5, diketahui bahwa radioaktivitas α di udara ruang 140 cenderung turun mendekati cacah latar setelah penundaan pencacahan 4 jam. Dengan demikian radioaktivitas α di udara ruang 135 dan 140 tersebut, kemungkinan adalah zat radioaktif alamiah berumur pendek turunan radon yang berasal dari dinding dan lantai bangunan yang menempel pada debu di udara daerah kerja tersebut. Sedangkan Radioaktivitas β di udara ruang 135 dan 140 pada Gambar 6, cenderung turun mendekati cacah latar setelah penundaan pencacahan 4 jam. Dengan demikian radioaktivitas β di udara ruang R-135 tersebut, kemungkinan adalah zat radioaktif alamiah berumur pendek turunan radon yang berasal dari dinding dan lantai bangunan yang menempel pada debu di udara daerah kerja IRM. Debu udara tersebut dapat tertangkap kertas filter dari *air sampler*. Hal ini dapat terjadi karena sistem ventilasi (VAC) yang tidak berjalan normal sesuai dengan pola alir udara di daerah kerja IRM tersebut.

KESIMPULAN

Secara keseluruhan radioaktivitas α maupun β selama tahun 2008 – 2012, masih berada di bawah batas yang diijinkan. Tingkat radioaktivitasnya pada tahun 2008 dan 2012, sesuai dengan desain pola alir udara IRM yaitu udara mengalir dari zona II ke zona III. Sedangkan pada tahun 2009, 2010 dan 2011 terjadi anomali tingkat radioaktivitas α maupun β , terutama pada ruang 135 dan 140. Dari hasil penundaan pencacahan diketahui bahwa radioaktivitas α di udara ruang 135 dan 140 cenderung turun mendekati cacah latar, demikian halnya terhadap radioaktivitas β di udara ruang 135 dan 140. Radioaktivitas di udara ruang 135 dan ruang 140 tersebut, kemungkinan berasal dari zat radioaktif alamiah berumur pendek. Dapat disimpulkan bahwa selama tahun 2009, 2010 dan 2011, sistem ventilasi (VAC) yang tidak berjalan normal sesuai dengan pola alir udara di daerah kerja IRM.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan Bidang Keselamatan PTBN khususnya, serta rekan-rekan PTBN atas kerjasamanya, sehingga makalah ini dapat tersusun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ANONIM, Keputusan Kepala BATAN No. 123/KA/VIII/2007 tentang Rincian Tugas Unit Kerja di Lingkungan BATAN, Jakarta, tahun 2007.

- [2]. ANONIM, Undang Undang No. 10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, tahun 1997.
- [3]. TIM LAK-IRM PTBN, Laporan Analisis Keselamatan Instalasi Radiometalurgi, revisi 6, PTBN, Serpong, tahun 2006.
- [4]. KHAN, H.A., "*indoor radioactive pollution due to radon and its daughters*", Journal of Islamic Academy of Sciences 5:4, 249-255, 1993.
- [5]. BLATS, H., *Radiation Hygiene Handbook*, Mc. Graw Hill Book Co. Inc., New York (1959).
- [6]. BK-PTBN, Prosedur pemantauan radioaktivitas udara daerah kerja IRM, Nomor dok. KK12 D11 003, Revisi 1, PTBN, 2012.